

Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА

ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ

ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

**возрастной группы (9 класс) муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников по химии**

2024-2025 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (9 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

Задание 9-1 (Автор: Кузнецов П.Д.)

В лаборатории были исследованы три кислоты фосфора. Известны массовые доли элементов в этих кислотах:

1. Кислота 1: Массовая доля водорода (H) = 3,8%; Массовая доля фосфора (P) = 38,7%; Массовая доля кислорода (O) = 57,5%.

2. Кислота 2: Массовая доля водорода (H) = 4,4%; Массовая доля фосфора (P) = 36,7%; Массовая доля кислорода (O) = 58,9%.

3. Кислота 3: Массовая доля водорода (H) = 6,2%; Массовая доля фосфора (P) = 32,5%; Массовая доля кислорода (O) = 61,3%.

1. Определите формулы этих кислот.

2. Найдите степени окисления фосфора в каждой из кислот.

3. Напишите уравнения реакций каждой кислоты с гидроксидом калия (KOH).

4. Какую из кислот часто используют для удобрений?

РЕШЕНИЕ:

Для нахождения молекулярных формул кислот используем данные о массовых долях элементов.

$$M_r = A_{r1} \cdot n_1 / w_1 = A_{r2} \cdot n_2 / w_2 \dots$$

Кислота 1:

Обозначим количество атомов водорода как k, а фосфора-n

$$1 \cdot n / 0,038 = 31 \cdot k / 0,387$$

Решим в целых числах перебором

При k=1, n=3

Отсюда можем сделать вывод, что на один фосфор приходится три атома водорода

Далее посчитаем количество атомов кислорода:

$$(31 / 0,387 - 3 \cdot 1) / 16 = 4$$

Отсюда делаем вывод, что кислота 1 - H_3PO_4

Кислота 2:

Обозначим количество атомов водорода как k, а фосфора-n

$$1 \cdot n / 0,044 = 31 \cdot k / 0,367$$

Решим в целых числах перебором

При k=1, n=1

Отсюда можем сделать вывод, что на один фосфор приходится один атом водорода

Далее посчитаем количество атомов кислорода:

$$(31 / 0,367 - 1) / 16 = 3$$

Отсюда делаем вывод, что кислота 2 - HPO_3

Кислота 3:

Обозначим количество атомов водорода как k, а фосфора-n

$$1 \cdot n / 0,062 = 31 \cdot k / 0,325$$

Решим в целых числах перебором

При k=3, n=1

Отсюда можем сделать вывод, что на один фосфор приходится один атом водорода

Далее посчитаем количество атомов кислорода:

$$(31 / 0,325 - 31 - 3) / 16 = 2$$

Отсюда делаем вывод, что кислота 3- H_3PO_2

ОТВЕТ БЕЗ РАСЧЕТА НЕ ЗАСЧИТЫВАТЬ!

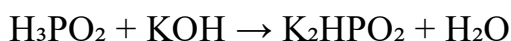
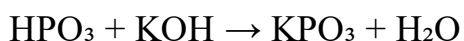
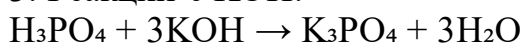
2. Степени окисления фосфора:

В H_3PO_4 : +5

В HPO_3 : +5

В H_3PO_2 : +3

3. Реакции с KOH:



В первой реакции так же засчитывать образование кислых солей.

4. H_3PO_4

ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	3 формулы (по 3б за каждую)	9
2	3 степени окисления (по 1б за каждую)	3
3	3 реакции (по 2б за каждую)	6
4	Фосфорная кислота	2
ИТОГО		20

Задание 9-2 (Автор: Кузнецов П.Д.)

Каждый из нас слышал про определение молярный объем (V_m), а его значение при стандартных условиях учит каждый школьник, но не каждый задумывался, что это значит. В химии принято считать условия нормальными при давлении равному 1 атмосфере и температуре 25 градусов Цельсия, а молярный объем это объем, который займет 1 моль газа при данных условиях. Но ведь объем при других условиях будет отличаться и значит есть закон, который это будет описывать.

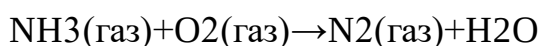
Уравнение Менделеева-Клапейрона: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$, где p-давление в КилоПаскалях(КПа), V-объем газа в литрах, n-количество вещества всех газов смеси, R-8.314, T-температура в Кельвинах. Отсюда следует, что зная

Владимирская область

температуру и давление, мы можем рассчитать объем, который займет газ.

1. Определите размерность молярного объема, если размерность количества вещества(n)-моль.
2. Выразите объем из уравнения Менделеева-Клапейрона получив уравнение вида $V=...$
3. Рассчитайте молярный объем газа при стандартных условиях.
4. Рассчитайте молярный объем газа при 100 градусах Цельсия, $p=2\text{атм}$.
5. Рассчитайте давление в Паскалях, которое окажет 3 моль газа на стенки 2 литрового сосуда при 150 градусах Цельсия.

В сосуда добавили 10л(при стандартных условиях) аммиака и 10л(при с.у.) кислорода, произошла реакция горения.



6. Рассчитайте какой объем будет занимать газовая смесь образовавшаяся в результате горения при температуре 60 градусов, 150000Па. Не забудьте уравнивать реакции.

Подсказки:

1. 1 атмосфера=101325Па=760мм.рт.мтолба=101,325КПа
2. $T_K=273+T_c$, где T_c -температура в градусах Цельсия и T_K -в Кельвинах

РЕШЕНИЕ:

1. Размерность молярного объема

Молярный объем (V_m) определяется как объем, занимаемый одним моль газа.

Его размерность можно выразить как:

$$[V_m] = [V] / [n] = \text{м}^3 / \text{моль} \text{ (оценивать как верное, если объем взят в литрах)}$$

2. Выразим объем из уравнения Менделеева-Клапейрона

Исходное уравнение:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Выразим V :

$$V = n \cdot R \cdot T / p$$

3. Рассчитаем молярный объем газа при стандартных условиях

Нормальные условия:

$$p = 101.325 \text{ кПа}$$

$$T = 298.15 \text{ К}$$

$$R = 8.314$$

Теперь подставим значения в формулу для молярного объема:

$$V_m = 1 \text{ моль} \cdot 8.314 \text{ кПа} \cdot \text{л}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 298.15 \text{ К} / 101.325 \text{ кПа} \approx 24.48 \text{ л/моль}$$

Оценивать как верное ответ в диапазоне от 24 до 25

4. Рассчитаем молярный объем газа при 100 градусах Цельсия и $p = 2 \text{ атм} = 2 \text{ атм}$
 $= 2 \cdot 101.325 \text{ кПа} = 202.65 \text{ кПа}$

Температура в Кельвинах:

$$T = 373 \text{ К}$$

Подставим значения в формулу для молярного объема:

$$V_m = 1 \text{ моль} \cdot 8.314 \cdot 373.15 \text{ К} / 202.65 \text{ КПа} = 15,331 \text{ л/моль}$$

Оценивать как верное в диапазоне от 15 до 15,5

5. Рассчитаем давление в Паскалях, которое окажет 3 моль газа на стенки 2 литрового сосуда при 150 градусах Цельсия

Сначала переведем температуру в Кельвины:

$$T = 423 \text{ К}$$

Используем уравнение Менделеева-Клапейрона, выразив давление:

$$p = n \cdot R \cdot T / V$$

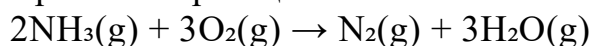
$$n = 3 \text{ моль}$$

Подставим значения:

$$p = 3 \text{ моль} \cdot 8.314 \cdot 423.15 \text{ К} / 2 \text{ л} = 5275.71 \text{ КПа} = 5275710 \text{ Па}$$

6. Рассчитаем объем газовой смеси после реакции горения

Уравнение реакции:



Из уравнения видно, что:

$$\text{На входе: } n(\text{NH}_3) = 10 \text{ л} / V_m(\text{с.у.}) = 10 / 24.48 \approx 0.408 \text{ моль}$$

$$\text{На входе: } n(\text{O}_2) = 10 \text{ л} / V_m(\text{с.у.}) = 10 / 24.48 \approx 0.408 \text{ моль}$$

По уравнению реакции:

$$\text{Для полного сгорания нужно: } \text{O}_2: (0.408 / 2) \cdot 3 \approx 0.612 \text{ моль}$$

Поскольку кислорода недостаточно, он является лимитирующим реагентом.

Количество образовавшегося газа:

$$\text{N}_2: (0.408 / 2) \cdot 1 \approx 0.204 \text{ моль}$$

$$\text{Так же остается NH}_3 \text{ } 0.408 - 0.272 = 0.136 \text{ моль}$$

$$N_{\text{газа}} = n(\text{N}_2) + n(\text{NH}_3) \approx 0.204 + 0.136 \approx 0.34 \text{ моль}$$

Теперь рассчитаем объем газовой смеси при $T = 333.15 \text{ К}$ и $p = 150000 \text{ Па}$:

Используем уравнение Менделеева-Клапейрона для расчета объема:

$$V = n_{\text{total}} \cdot R \cdot T / p$$

Подставляем значения:

$$V = 0.816 \text{ моль} \cdot 8.314 \cdot 333 \text{ К} / 150000 \text{ Па} = 0,01506 \text{ м}^3 = 15,06 \text{ л}$$

ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Размерность	2
2	Выражение объема	1
3	Значение объема	3
4	Значение объема	3
5	Значение давления	3
6	Значение объема	8
ИТОГО		20

Задание 9-3 (Кузнецов П.Д)

В лаборатории исследуется растворимость вещества KI (калий йодид) в воде при различных температурах. Известно, что растворимость KI в воде составляет 140 г на 100 г воды при 25 °С.

1. Вам необходимо рассчитать, сколько граммов KI можно растворить в 300 г воды при температуре 25 °С.

После того как вы растворили KI в 300 г воды, вы решили нагреть раствор до 50 °С. При этой температуре растворимость KI увеличивается до 160 г на 100 г воды.

2. Определите, сколько KI может раствориться в 300 г воды при 50 °С.

3. Если вы затем остудите раствор до 25 °С, сколько граммов KI кристаллизуется из раствора?

4. Если считать зависимость растворимости от температуры линейной, то при какой температуре мы сможем растворить 187г KI на 95г воды?

РЕШЕНИЕ:

1. Растворимость KI при 25 °С:

Растворимость = 140 г KI на 100 г воды

Для 300 г воды:

Количество KI = $140 \text{ г} / 100 \times 300 \text{ г} = 420 \text{ г}$

Таким образом, в 300 г воды можно растворить **420 г** KI при 25 °С.

2. Кристаллизация

Растворимость KI при 50 °С:

Растворимость = 160 г KI на 100 г воды

Для 300 г воды:

Количество KI = $160 \text{ г} / 100 \times 300 \text{ г} = 480 \text{ г}$

Таким образом, в 300 г воды можно растворить **480 г** KI при 50 °С.

3. Кристаллизация при охлаждении:

При температуре 25 °С в растворе может находиться только 420 г KI (как мы рассчитали ранее).

При охлаждении раствора с 50 °С до 25 °С, излишек KI начнет кристаллизоваться.

Количество KI, которое кристаллизуется:

Избыток = $480 \text{ г} - 420 \text{ г} = \mathbf{60 \text{ г}}$

4. При 25 °С растворимость KI составляет 140 г на 100 г воды. Это значит, что на 1 г воды растворимость составляет:

$140 \text{ г} / 100 = 1.4 \text{ г/г воды}$

2. При 50 °С растворимость KI составляет 160 г на 100 г воды, что дает:

$160 \text{ г} / 100 = 1.6 \text{ г/г воды}$

Теперь мы можем рассчитать изменение растворимости на единицу температуры:

Разница в растворимости между 50 °С и 25 °С:

Владимирская область

$$1.6 - 1.4 = 0.2 \text{ г/г воды}$$

Разница в температуре:

$$50 \text{ }^{\circ}\text{C} - 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теперь найдем изменение растворимости на $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$0.2 \text{ г/г воды} / 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0.008 \text{ г/г воды/}^{\circ}\text{C}$$

Теперь мы можем использовать это значение для нахождения температуры, при которой растворимость будет достаточной для растворения 187 г KI в 95 г воды.

Сначала найдем растворимость на 1 г воды для необходимого количества KI:

$$187 \text{ г} / 95 \approx 1.9684 \text{ г/г воды}$$

Теперь мы можем установить уравнение для растворимости в зависимости от температуры:

$$S(T) = S(25^{\circ}\text{C}) + k(T - 25)$$

где $S(25^{\circ}\text{C}) = 1.4$, $k = 0.008$.

Подставим известные значения:

$$1.9684 = 1.4 + 0.008(T - 25)$$

Решим это уравнение для T:

$$1.9684 - 1.4 = 0.008(T - 25)$$

$$0.5684 = 0.008(T - 25)$$

$$T - 25 = 0.5684 / 0.008 = 71.05$$

$$T = 71.05 + 25 = 96.05$$

Таким образом, для растворения 187 г KI в 95 г воды требуется температура примерно **96.05 °C**.

ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание критерия	Баллы
1	Значение массы	3
2	Значение массы	3
3	Значение массы	4
4	Значение температуры	10
ИТОГО		20

Задание 9-4 (Автор: Кузнецов П.Д.)

Вещество X является нерастворимым соединением. Получается вещество в несколько стадий. Для начала через раствор щелочи A пропускается газ B (*реакция 1*), являющимся основным предшественником глюкозы при фотосинтезе, объемом 26л (при н.у.) с образованием средней соли C массой 123,04г. Параллельно через металл D пропускается желто-зеленый газ E объемом 30л с образованием 278,57г соли F (*реакция 2*). При смешивании F и C образуется вещество X (*реакция 3*). При нагревании 1г вещества X оно разлагается (*реакция 4*) с образованием 0.22335г газа B и 0.77665г оксида G, образующего при реакции с соляной кислотой соль F. (*реакция 5*)

1. Определите вещества A-G, X. Ответ подтвердите расчетами.
2. Напишите уравнения реакций 1-5
3. Какой продукт может образовываться в реакции 1 при избытке газа B?

РЕШЕНИЕ:

Из курса школьной биологии известен факт, что предшественником глюкозы является углекислый газ, поэтому **В**-CO₂.

$n(\text{CO}_2) = 26 / 22.4 = 1.16$ моль. Знаем, что на 1 моль CO₂ при поглощении щелочью приходится 2 моль щелочи и образуется 1 моль соли. Отсюда следует

$M(\text{соли}) = 123,04 / 1,16 = 106$ г/моль. Понимаем, что это карбонат металла первой группы (так как щелочь), $M(\text{металла}) = (106 - 12 - 16 \cdot 3) : 2 = 23$ (Na), => **А**-NaOH, **С**-Na₂CO₃. Е-желто-зеленый газ, отсюда можно предположить, что **Е**-Cl₂.

$n(\text{Cl}_2) = 30 / 22.4 = 1.34$ моль. Перебором можно предположить, что металл двухвалентный. $M(\text{металла}) = 278,57 / 1,34 - 35.5 \cdot 2 = 137$. Отсюда следует, что **Д**-Ba, **Ф**-BaCl₂. При смешивании BaCl₂ и Na₂CO₃ в осадок выпадает BaCO₃, **Х**-BaCO₃ и при разложении карбонатов образуются оксид BaO => **Г**-BaO

1. $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Ba} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{BaCl}_2$
3. $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$
4. $\text{BaCO}_3 \rightarrow \text{BaO} + \text{CO}_2$
5. $\text{BaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

3. NaHCO₃

ОЦЕНИВАНИЕ:

№	Содержание	Баллы
1	Определение веществ (по 1 баллу за каждое вещество)	8
2	Уравнения реакций (по 2 балла за каждую реакцию)	10
3	Гидрокарбонат натрия	2
ИТОГО		20

Задание 9-5 (Автор: Кузнецов П.Д.)

Вы пришли в химическую лабораторию после того, как один химик проводил в ней неорганический синтез. После него на столе остались стоять горелка, стеклянная палочка и пробирки с растворами веществ: Ba(NO₃)₂, NaCl, ZnSO₄, KI, PbCl₂, Fe₂(SO₄)₃. Но присмотревшись к пробиркам вы заметили, что пробирки не подписаны и вы не знаете в какой пробирке что находится.

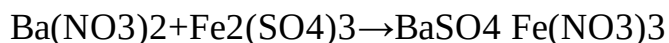
1. Опишите процесс поэтапного определения содержимого каждой из пробирок, приведя все уравнения реакций, которые вы проводите с указанием визуальных признаков.

Подсказка:

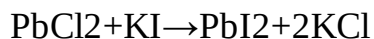
Некоторые вещества могут быть определены не только химическими методами, если используете иные методы-указать визуальные признаки.

РЕШЕНИЕ:

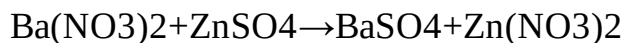
1. Оценим визуально растворы, раствор железа единственный имеет окраску.
2. Добавим его во все растворы. В случае видим выпадение осадка в случае соли бария.



3. При помощи стеклянной палочки оценим цвет, в который окрашивается пламя. Ион калия окрашивает пламя в фиолетовый цвет.
4. Разольем KI во все неопределенные пробирки. Увидим золотой осадок в случае свинца.



5. Разольем раствор $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ по всем оставшимся пробиркам. Увидим выпадение осадка в случае соли цинка.



6. Оставшийся раствор - NaCl

Пометка для проверяющих: Если участник определил вещество физическим методом, то балл выставляется при условии написания внешних признаков. Если участник определил вещество химическим методом, то балл выставляется при условии написания уравнения реакции и внешних признаков этих признаков. Одно вещество может быть определено по остаточному принципу.

Оценивание

№	Содержание	Баллы
1	Определение $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, ZnSO_4 , KI, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (По 4 балла за вещество)	16
2	Определение NaCl, PbCl_2 (По 2 балла за вещество)	4
ИТОГО		20